

Grzegorz Fiedorowicz, Bogdan Łochowski
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie

MIKROKLIMAT STAJNI W OKRESIE ZIMOWYM

Streszczenie

Przedstawiono metodykę badawczą, wyniki oraz wnioski z badań prowadzonych w stajni po adaptacji obory w Wilanowie o obsadzie 21 koni. Badania przeprowadzono w okresie zimowym (marzec 2003 r.). Zaprezentowano wyniki z badań chwilowych i ciągłych w zakresie następujących parametrów: temperatura zewnętrzna i wewnętrzna, wilgotność względna wewnętrzna i zewnętrzna, stężenia szkodliwych gazów CO₂ i NH₃, ochładzanie katatermometryczne, prędkość ruchu powietrza, jasność w pomieszczeniu i na zewnątrz. Przedstawiono wykresy określające zależności korelacyjne poszczególnych parametrów mikroklimatu. Stwierdzono, że istniejące w stajni warunki środowiskowe nie zapewniają dobrostanu koniom w okresie zimowym.

Słowa kluczowe: stajnia, mikroklimat, temperatura, wilgotność, stężenie dwutlenku węgla, stężenie amoniaku, korelacje zmiennych

Wprowadzenie

Niedoceniany w kraju chów koni odgrywa znaczącą rolę gospodarczą w produkcji zwierzęcej, dlatego powinien być nadal kontynuowany i intensyfikowany, głównie w dziedzinie sportowej i agroturystycznej, w której konie mogą m.in. odegrać ważną rolę w rekreacji i hipoterapii. Intensyfikacja chowu koni powinna iść w kierunku poprawy warunków środowiskowych w pomieszczeniach stajennych. Wymagania koni dotyczące tych warunków są większe, szczególnie, gdy chodzi o mikroklimat pomieszczeń, w porównaniu z innymi gatunkami zwierząt. Wymagania te można podzielić na wynikające z etologii i behawioru koni oraz dobrostanu związanego z naturalną cechą stadną koni. Wśród czynników kształtujących warunki środowiskowe dla koni w pomieszczeniach stajennych, szczególnie w okresie zimowym, jest mikroklimat, który został zbadany w 2003 r. po dokonanej adaptacji obory na stajnię w SGGW w Wilanowie. Konie ze stajni służą m.in. studentom odbywającym zajęcia praktyczne oraz są użytkowane do celów sportowych i rekreacyjnych, łącznie z hipoterapią dla dzieci.

Celem badań było określenie mikroklimatu wewnętrznego w stajni w okresie zimowym w zakresie następujących parametrów: temperatura, wilgotność względna, stężenie szkodliwych gazów CO₂ i NH₃, ochładzanie katatermometryczne, prędkość ruchu powietrza, jasność pomieszczenia. W oparciu o uzyskane wyniki dokonano wyliczeń określających zależności korelacyjne poszczególnych parametrów mikroklimatu pomieszczeń i otoczenia.

Metodyka badań i aparatura

Metodykę badań oparto na normie branżowej BN-86 8800-03 pt. „Mikroklimat w budynkach inwentarskich”, zgłoszonej przez IBMER w 1986 r. Mikroklimat pomieszczeń dla koni w stajni SGGW w Wilanowie określono sposobem pomiarów chwilowych i ciągłych za pomocą niżej wymienionej aparatury:

- termohigrometrów LB-710, (firmy LAB-EL) z czujnikami przewodowymi rozmieszczonymi w trzech punktach stajni i jednego czujnika umieszczonego na zewnątrz stajni do mierzenia temperatury i wilgotności powietrza,
- koncentratora LB-731 (ww. firmy), do którego są podłączone przewodami elektrycznymi czujniki LB-710, wyposażonego w pamięć zbierania danych: data, temperatura, wilgotność względna – rejestrowanie w impulsach 2-godzinnych,
- dwóch czujników LB-551 (ww. firmy), do określania stężenia CO₂ i NH₃ podłączonych do koncentratora,
- luxomierza Lx 204 do chwilowego określania wskaźnika jasności w stajni i na zewnątrz,
- katatermometra do chwilowego pomiaru stopnia ochładzania powietrza i określania prędkości ruchu powietrza w stajni,
- stopera do pomiaru czasu przy określaniu odczytów z katatermometra.

Charakterystyka badanego obiektu

Stajnia (adaptacja obory) z poddaszem użytkowym na siano ma 22 boksy dla koni o powierzchni 10 m² każdy, paszarnię i siodlarnię. System utrzymania koni w pojedynczych boksach po obu stronach przejazdowego korytarza paszowo-komunikacyjnego. Przygotowanie paszy treściwej (obrok) odbywa się w paszarni. Przechowywanie owsa i innego ziarna – w skrzyniach drewnianych okutych blachą oraz częściowo w workach na paletach drewnianych. Siano w belach jest składane na poddaszu użytkowym. Z dawanie paszy - ręcznie z wózka gospodarczego. Ścielenie boksów słomą dowożoną ze sterty. Codzienne usuwanie odchodów z boksów na przyczepę ciągnikową i wywożoną na gnojownię. Wentylacja grawitacyjna za pomocą nawiewów powietrza świeżego z uchylnych okien i wyciągów zużytego powietrza kanałami pionowymi przechodzącymi przez poddasze użytkowe.

Wyniki badań

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1-3 i na rysunkach 1-10.

Tabela 1. Macierz wyliczonych zależności wg współczynników korelacji r w przebadanej stajni SGGW zimą 2003 r.

Table 1. Matrix of calculated relationships according to correlation coefficients r in SGGW horse stable tested in winter 2003

Zmienne		Temp. wewn.	Wilgotn. wewn.	Temp. zewn.	Wilgotn. zewn.	CO ₂	NH ₃	Próg istotn.	Stand. odchyl.
parametry	n	°C	%	°C	%	ppm	ppm		
Temperatura wewn.	202	1,0	0,2878	0,5259	-	0,3237	0,4871	0,136	0,659
Wilgotność wzgl. wewn.	201	0,2878	1,0	-	0,7965	0,7666		0,136	8,563
Temperatura zewn.	202	0,5259	-	1,0	-	-		0,136	-
Wilgotność wzgl. zewn.	201	-	0,7965	-	1,0	-		0,136	-
Stężenie CO ₂	180	0,3237	0,7666	-	-	1,0		0,144	-
Stężenie NH ₃	175	0,4871	-	-	-	-	1,0	0,145	-

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Średnie parametry mikroklimatu (z pomiarów ciągłych) uzyskane w przebadanej stajni SGGW w okresie zimowym (marzec 2003 r.)

Table 2. Average microclimate parameters (continuous measurements) in SGGW horse stable tested in winter season (March 2003)

Wyszczególnienie		Wyniki badań	Standard. odchyl.	Dopuszcz. norma max
Okres badań		15.03 – 31.03.2003 r.		
Obsada koni		21		
Sztuk dużych (SD)		25		
Kubatura pomieszczenia na 1 SD (m ³)		40		30*
Temperatura (°C)	wewnętrzna	średn. 11,00 (wahania od 4,3 do 14,50)	0,659	15
	zewewnętrzna	średn. 5,46 (wahania od - 6,1 do +16,00)	-	-
Wilgotność względna (%)	wewnętrzna	średn. 81,64 (wahania od 52,3 do 99,0)	8,563	80
	zewewnętrzna	średn. 54,57 (wahania od 31,41 do 94,30)		-
Stężenie szkodliwych gazów (ppm)	CO ₂	średn. 1507,4 (wahania od 490,0 do 3370,0)		3000
	NH ₃	średn. 2,8 (wahania od 0,1 do 38,9)		20

* minimalna

Źródło: opracowanie własne

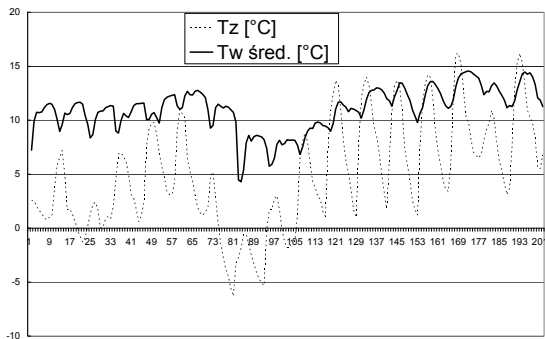
Tabela 3. Parametry mikroklimatu (pomiaru chwilowe) uzyskane w badanej stajni SGGW w okresie zimowym (III.2003 r.)

Table 3. Microclimatic parameters (instantaneous measurements) in SGGW horse stable tested in winter season (March 2003).

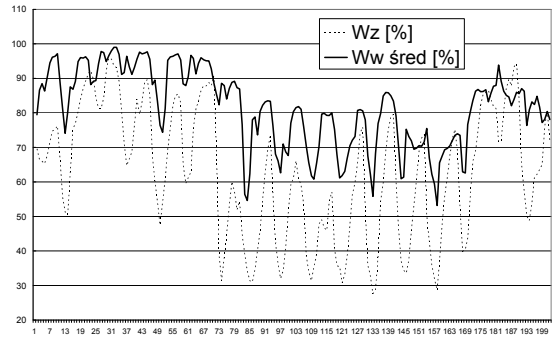
Data i godzina badań	15.03.2003 r. 13:00 założenie aparatury	31.03.2003 r. 10:00 zdjęcie aparatury	Dopuszczalna max norma ^{x)}
Pora badań	zima	zima	-
Obsada koni	21	21	-
SD	25	25	-
Kubatura pomieszczenia na 1 SD (m ³)	40	40	30 minimum
Temperatura wewnętrzna (°C)	6,6	10,1	15
Temperatura zewnętrzna (°C)	+ 2,6	+ 6,8	-
Wilgotność względna wewnętrzna (%)	77,2	71,6	80
Wilgotność względna zewnętrzna (%)	61,2	61,0	-
Stężenie CO ₂ (ppm)	1280	1260	3000
Stężenie NH ₃ (ppm)	5	5	20
Ochładzanie katatermometryczne (MJ cm ⁻² s ⁻¹)	wrota zamknięte 11,73 wrota otwarte 18,69	- 15,08	komfort termiczny 29 - 45
Prędkość ruchu powietrza (m/s)	wrota zamknięte 0,28 wrota otwarte 0,45	- 0,36	zimą 0,3
Jasność wewnętrzna (lx)	32,5	75,0	25 - 100
Jasność zewnętrzna (lx)	138,5	501,0	-

x) wg standardów technologicznych: Systemy utrzymania koni, Poradnik. IBMER Warszawa i DAAS Skejby (Dania) 2005

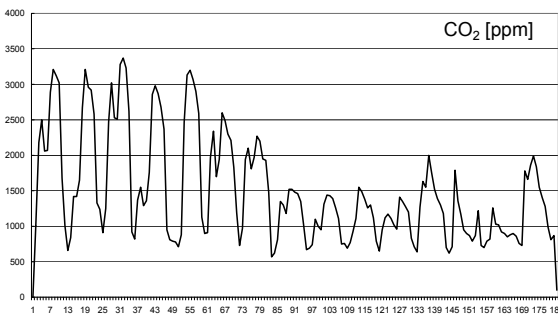
Źródło: opracowanie własne



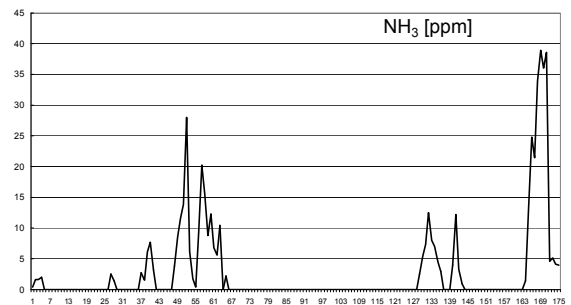
Rys. 1. Wykres wahania temperatury zewnętrznej i wewnętrznej w stajni SGGW w okresie 15.03.2003 – 31.03.2003 r. – impulsy 2-godzinne
 Fig. 1. Diagram of temperature fluctuations inside and outside the SGGW horse stable within 15–31 March 2003 – 2 hr pulses



Rys. 2. Wykres wahania wilgotności względnej zewnętrznej i wewnętrznej w stajni SGGW w okresie 15.03.2003 – 31.03.2003 r. – impulsy 2-godzinne
 Fig. 2. Fluctuations of the relative air humidity inside and outside the stable building within 15–31 March 2003 – 2 hr pulses



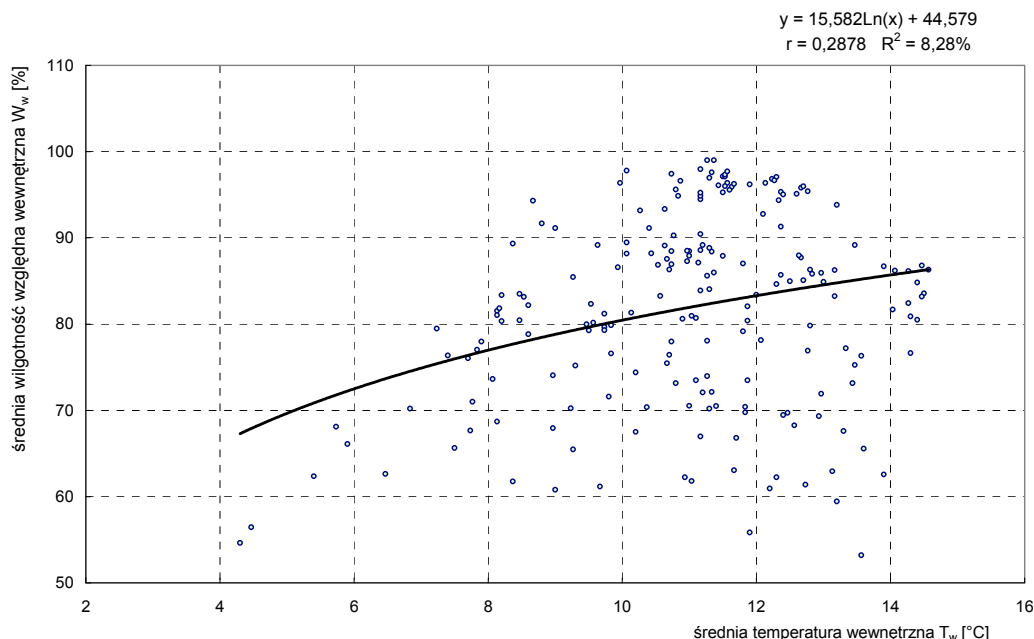
Rys. 3. Wykres stężenia gazu CO₂ w stajni SGGW w okresie 15.03.2003 – 31.03.2003 r. – impulsy 2-godz.
 Fig. 3. Gaseous carbon dioxide concentration inside the SGGW horse stable within 15–31 March 2003 – 2 hr pulses



Rys. 4. Wykres stężenia gazu NH₃ w stajni SGGW w okresie 15.03.2003 – 29.03.2003 r. – impulsy 2-godz.
 Fig. 4. Gaseous ammonia concentration inside the stable building within 15–31 March 2003 - 2 hr pulses

Podsumowanie wyników badań

Uogólniając należy stwierdzić, że w okresie badań zima miała przebieg łagodny (rys.1), co wpłynęło znacząco na zoofenologię (wpływ pogody na zwierzęta).



Rys. 5. Zależność średniej wilgotności względnej wewnętrznej od średniej temperatury wewnętrznej w stajni SGGW w okresie zimowym wg funkcji logarytmicznej $y = 15,582 \ln(x) + 44,579$; korelacja $r = 0,2878$; współczynnik determinancji $R^2 = 8,28\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 201$; standardowe odchylenie temperatury wewn. $0,659$; standardowe odchylenie wilgotności względnej wewnętrznej $8,563$

Fig. 5. Average relative humidity of the air depending on average temperature inside the stable building during winter season according to logarithmic function $y = 15.582 \ln(x) + 44.579$; correlation $r = 0.2878$; determination coefficient $R^2 = 8.28$; confidence interval $P = 0.05$; $n = 201$; standard deviation of internal temperature 0.659 ; standard deviation of internal relative air humidity 8.563

Temperatura powietrza wewnętrznego

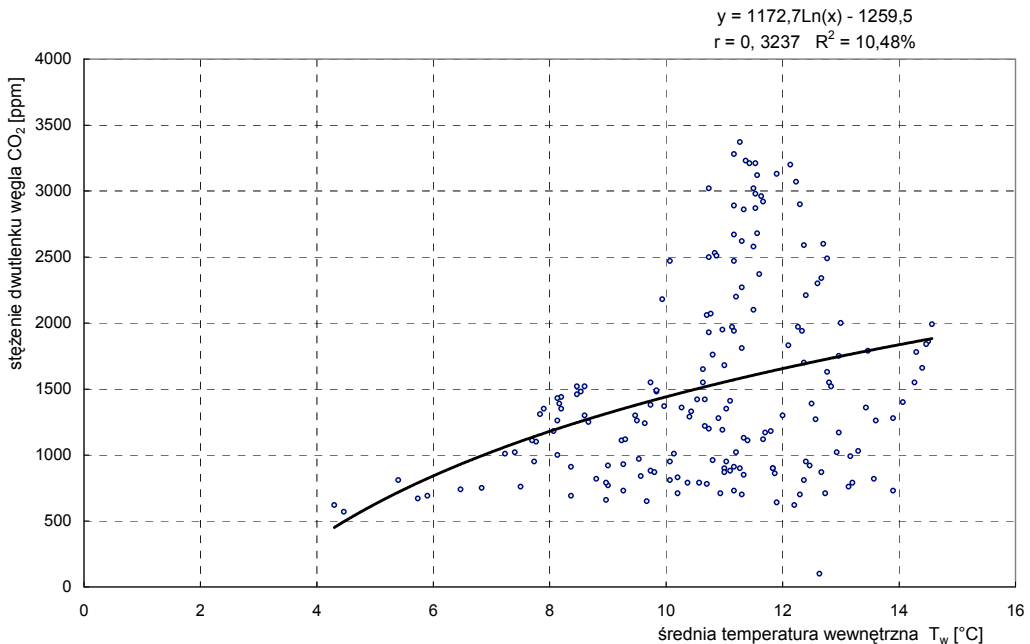
Temperatura wewnętrzna stajni wynosiła średnio 11°C z wahaniami 4,3-14,5 przy standardowym odchyleniu $0,7^\circ\text{C}$, czyli była zawarta w granicach optymalnej, zapewniającej dobrostan koniom, pod warunkiem spełnienia wymogów przez inne elementy mikroklimatu. Temperatura wewnętrzna koreluje się wysokoistotnie ($r = 0,5259$) z temperaturą zewnętrzną (rys. 1 i 9). Również temperatura wewnętrzna ma dość istotny związek dodatni ($r = 0,3237$) z zawartością dwutlenku węgla w powietrzu stajni.

Wilgotność względna powietrza wewnętrznego

Średnia wilgotność powietrza stajennego wynosiła 81,6% z wahaniami 52,3-99,0% (tab. 3 i rys. 2) przy standardowym odchyleniu 8,6% i jest skorelowana dodatnio ($r = 0,2878$ przy progu istotności 0,144) z temperaturą wewnętrzną. Jak widać na wykresach (rys. 2 i 10) wilgotność wewnętrzna stajni jest mocno skorelowana ($r = 0,7965$) z wilgotnością zewnętrzną. W początkowym i końcowym okresie badań podczas pogody deszczowej – śnieżnej warunki utrzymania koni nie były odpowiednie tzn. wilgotność w pomieszczeniu stajennym znacznie przekraczała dopuszczalną normę standardową.

Stężenie dwutlenku węgla (CO_2)

Rysunek 3 obrazuje wahania CO_2 , które jednak nie przekraczały granicy bezpiecznej określonej na 3000 ppm. Stężenie średnie wyniosło 1507,4 ppm z wahaniami 490-3370 ppm (rys. 3).



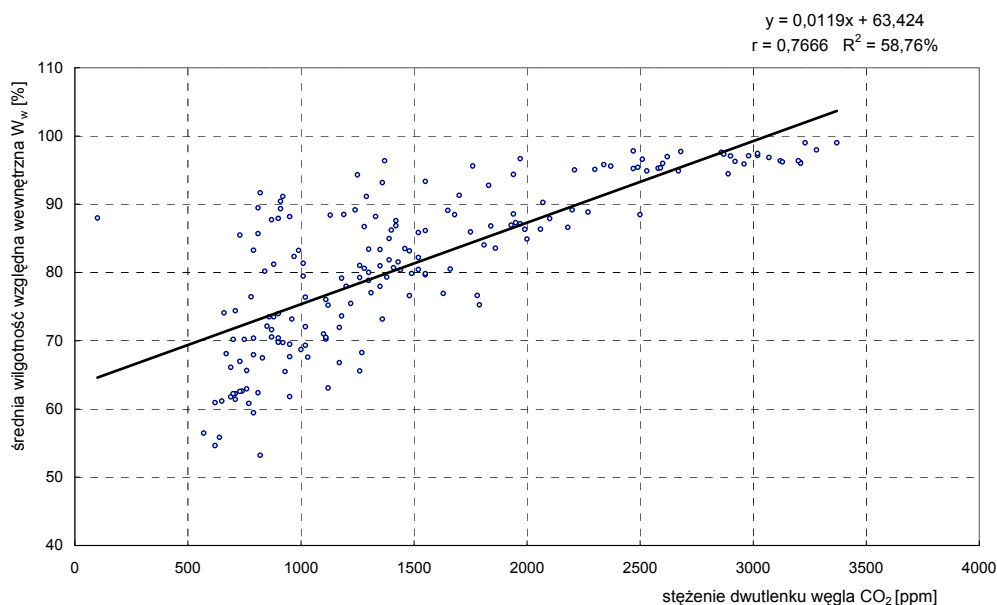
Rys. 6. Zależność stężenia dwutlenku węgla i średniej temperatury wewnętrznej w stajni SGGW w okresie zimowym według funkcji logarytmicznej $y = 1172,7 \text{Ln}(x) - 1259,5$; korelacja $r = 0,3237$; współczynnik determinancji $R^2 = 10,48$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 180$; standardowe odchylenie temperatury wewnętrznej 0,659

Fig. 6. Carbon dioxide concentration depending on internal temperature in the stable during winter season according to logarithmic function $y = 1172.7 \text{Ln}(x) - 1259.5$; correlation $r = 0.3237$; determination coefficient $R^2 = 10.48$; confidence interval $P = 0.05$; standard deviation of internal temperature 0.659

Stężenie CO₂ w pomieszczeniu jest istotnie skorelowane z wilgotnością wewnętrzną (rys. 7, $r = 0,7666$) co potwierdza zjawisko zachwiania dobrostanu w okresie zimowym podczas opadów śniegu czy deszczu. Szczególnie groźne jest wyższe stężenie CO₂, gdy występuje w porze nocnej, kiedy konie nie mogą korzystać z wybiegów czy padoków.

Stężenie amoniaku NH₃

Wykres na rysunku 4 przedstawia wahania stężenia amoniaku w badanym okresie, którego ekstremalne szczyty zanotowano w czasie opadów deszczu czy śniegu. W tych też dniach wzrasta również temperatura stajenna, co zostało przedstawione na wykresie zależności (rys. 10), która jest wysokoistotna przy $r = 0,7965$. Oznacza to, że im wyższa temperatura i wilgotność, tym większa jest koncentracja NH₃ w stajni. Koncentracja ta występuje głównie w porze nocnej, jednak stężenie to nie zagraża dobrostanowi koni, ponieważ nie przekracza (poza chwilowymi wyjątkami) dopuszczalnej normy standardowej (20 ppm).



Rys. 7. Zależność średniej wilgotności względnej wewnętrznej i stężenia dwutlenku węgla CO₂ w stajni SGGW w okresie zimowym wg funkcji liniowej $y = 0,0119x + 63,424$; korelacja $r = 0,7666$; współczynnik determinacji $R^2 = 58,76\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 180$; standardowe odchylenie wilgotności względnej wewnętrznej 8,563

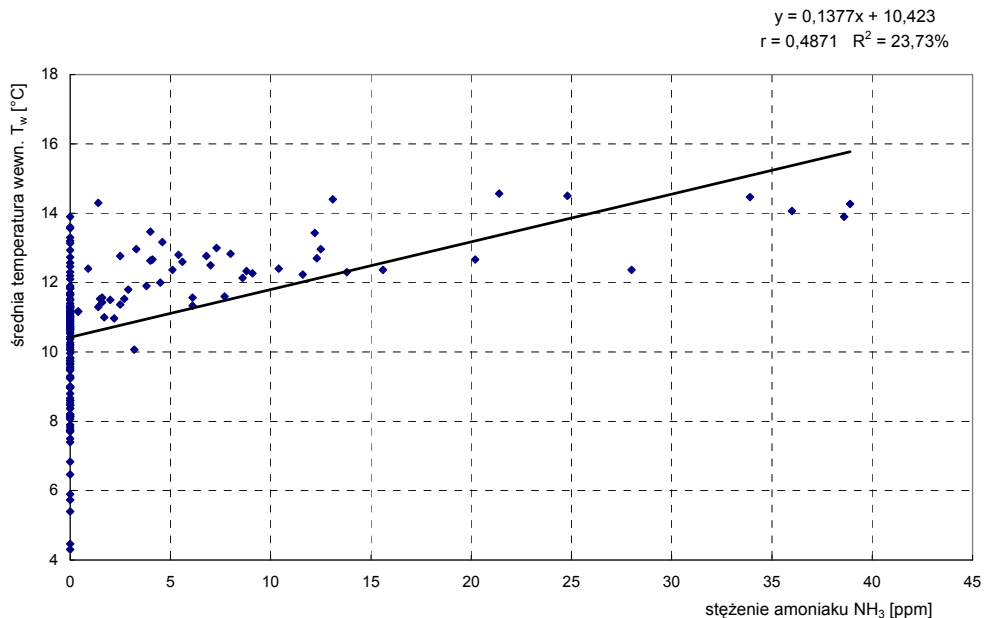
Fig. 7. Average relative humidity of air versus CO₂ concentration inside the stable building in winter season according to linear function $y = 0.0119x + 63.424$; correlation $r = 0.7666$; determination coefficient $R^2 = 58.76$; confidence interval $P = 0.05$; $n = 180$; standard deviation of internal relative humidity of air 8.563

Ochładzanie katatermometryczne

Zmierzone dwukrotnie ochładzanie katatermometryczne, przedstawione w tabeli 2, wynosiło przy wrotach otwartych $18,69 \text{ MJ}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ i $15,08 \text{ MJ}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz przy wrotach zamkniętych $11,73 \text{ MJ}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Wielkość ochładzania określająca siłę oziębiającą powietrza wewnętrznego jest miernikiem utraty ciepła przez organizm zwierzęcy. Mniejsze ochładzanie (siła oziębiająca powietrza) prowadzi do występowania przegrzania organizmu zwierzęcia, natomiast większe – powoduje nadmierne zabieranie ciepła z organizmu. Granice strefy komfortu termicznego dla koni wynoszą $29\text{-}45 \text{ MJ}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość występowania stanu przegrzania organizmu konia szczególnie w porze nocnej, kiedy wrota stajni są zamknięte.

Prędkość ruchu powietrza

Pomiary chwilowe wykazały prędkość ruchu powietrza $0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i $0,36 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ przy wrotach otwartych oraz $0,28 \text{ m/s}$ przy wrotach zamkniętych, co oznacza lekkie przekroczenie dopuszczalnej normy w okresie zimowym określonej na $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Rys. 8. Współzależność średniej temperatury wewnętrznej i stężenia amoniaku NH_3 w stajni SGGW w okresie zimowym wg funkcji liniowej $y = 0,1377x + 10,423$; korelacja $r = 0,4871$; współczynnik determinacji $R^2 = 23,73\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 175$; standardowe odchylenie temperatury wewnętrznej $0,659$

Fig. 8. Average temperature versus NH_3 concentration inside the horse stable in winter season according to linear function $y = 0.1377x + 10.423$; correlation $r = 0.4871$; determination coefficient $R^2 = 23.73$; confidence interval $P = 0.05$; $n = 175$; standard deviation of internal temperature 0.659

Jasność pomieszczeń

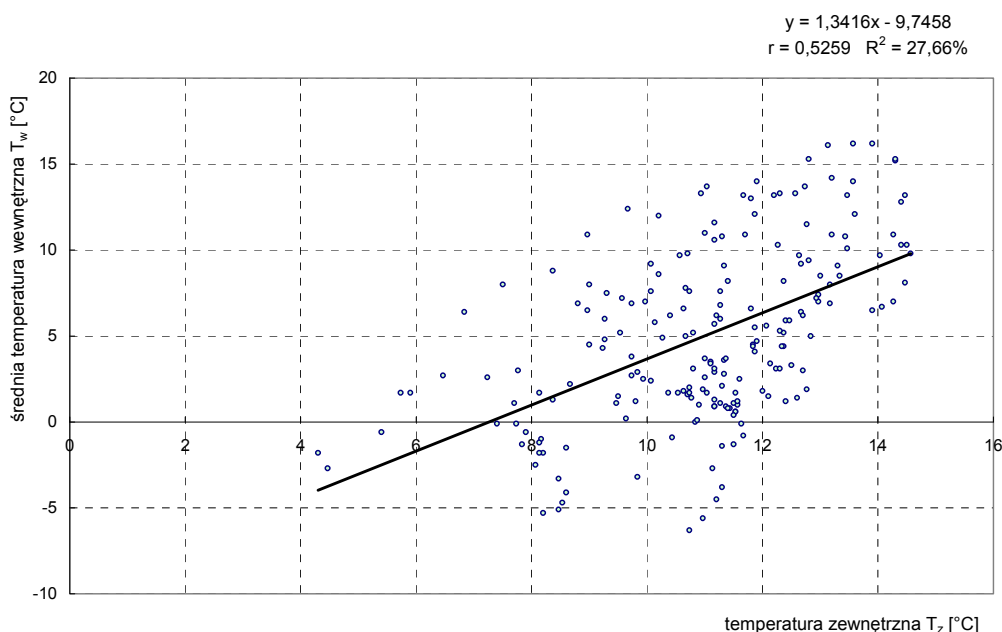
Jasność pomieszczenia stajennego wynosiła 32,5 lx i 75,0 lx i była odpowiednia w stosunku do wymogów standardowych (25–100 lx).

Wnioski

Temperatura wewnętrzna w stajni wynosząca średnio 11°C w okresie zimowym z wahaniami zawartymi w granicach optymalnych zapewniałaby dobrostan koniom, gdyby nie inne elementy mikroklimatu.

Wilgotność względna wewnątrz stajni średnio wynosząca 81,6% wobec standardowo maksymalnej 80% w wahanich ekstremalnych w porze deszczowej – śnieżnej, nie zapewniała komfortu utrzymywanym koniom.

Stężenie szkodliwych gazów odzwierzęcych CO₂ i NH₃ nie przekraczało wartości dopuszczalnej standardami. Wyjątkowe ekstremalne stężenie tych gazów w porze deszczowej – śnieżnej w nocy nie wpłynęło na znaczne przekroczenie normy, a tym samym na pogorszenie dobrostanu koni.

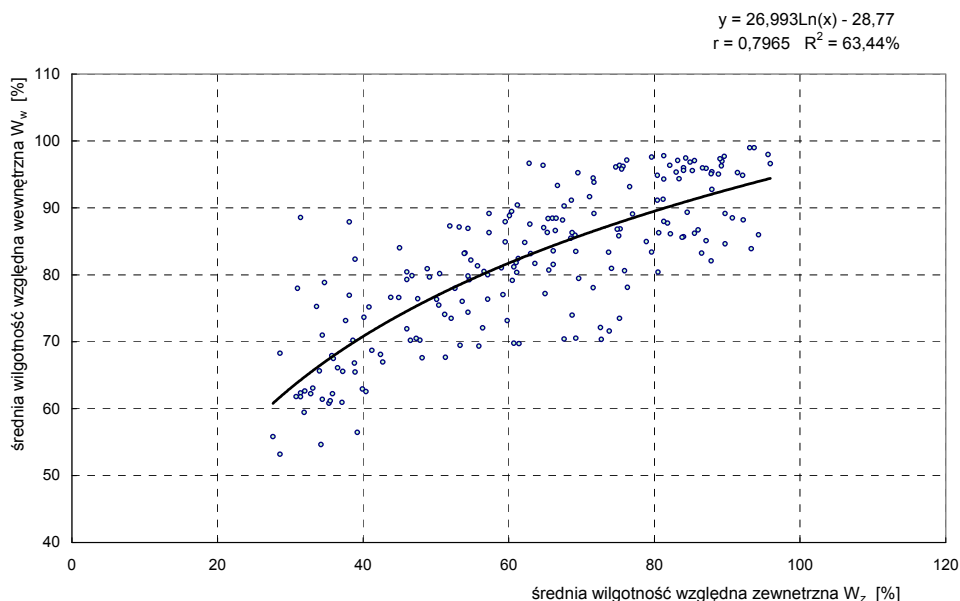


Rys. 9. Zależność średniej temperatury wewnętrznej i temperatury zewnętrznej w stajni SGGW w okresie zimowym wg funkcji logarytmicznej $y = 1,3416x - 9,7458$; korelacja $r = 0,5259$; współczynnik determinancji $R^2 = 27,66\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 202$; standardowe odchylenie temperatury wewnętrznej 0,659

Fig. 9. Average temperature inside the stable versus the ambient temperature during winter season according to logarithmic function $y = 1.3416x - 9.7458$; correlation $r = 0.5259$; determination coefficient $R^2 = 27.66$; confidence interval $P = 0.05$; $n = 202$; standard deviation of internal temperature 0.659

Pomiary ochładzania katatermometrycznego wykazały wyniki niższe od przedziału tzw komfortu termicznego, co oznacza, że istnieje możliwość występowania stanu przegrzania organizmu koni w porze nocnej, a tym samym odczuwają one swoisty dyskomfort.

Uwzględniając wszystkie elementy przebadanego mikroklimatu stajni w okresie zimowym stwierdza się, że istniejące w niej warunki środowiskowe nie zapewniają dobrostanu koniom w okresie zimowym, tym bardziej, iż zima okresowo miała przebieg łagodny.



Rys. 10. Zależność średniej wilgotności wewnętrznej i wilgotności zewnętrznej w stajni SGGW w okresie zimowym wg funkcji logarytmicznej $y = 26,993\text{Ln}(x) - 28,77$; korelacja $r = 0,7965$; współczynnik determinacji $R^2 = 63,44\%$; przedział ufności $P = 0,05$ (95% ufności); $n = 201$; standardowe odchylenie wilgotności względnej wewnętrznej 8,563

Fig. 10. Average relative humidity of air inside versus the air humidity outside of the stable building during winter season according to logarithmic function $y = 26.993 \text{Ln}(x) - 28.77$; correlation $r = 0.7965$; determination coefficient $R^2 = 63.44$; confidence interval $P = 0.05$; standard deviation of internal relative humidity of air 8.563

Bibliografia

Fiedorowicz G., Łojek J., Clausen E. i in. 2005. Systemy utrzymania koni. Poradnik. IBMER Warszawa i Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego, Skejby Dania

Rokicki E., Kolbuszewski M. 1999. Higiena zwierząt. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa

Wolski L. 1980. Mikroklimat w budynkach inwentarskich. PWN, Warszawa